

# La combustion spontanée des drêches

Autor(en): **Dutoit, William**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **62 (1942-1945)**

Heft 259

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-273237>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## La combustion spontanée des drêches

PAR

*William DUTOIT*<sup>1</sup>

(Séance du 20 mai 1942.)

### *Introduction.*

Les combustions spontanées n'ont rien de phénomènes extraordinaires ou exceptionnels: elles ne sont que les stades plus ou moins avancés de réactions naturelles qui se développent dans des conditions particulières.

La combustion est une oxydation qui peut être soit rapide, combustion vive, soit lente. Une combustion lente, ayant lieu dans des conditions où l'accumulation de chaleur est possible, peut arriver à provoquer la carbonisation et, dans certains cas, l'inflammation.

Les substances oxydables à basse température sont très nombreuses et très répandues dans l'économie courante; ce sont spécialement les huiles et les graisses qui, notamment, imprègnent toute sorte de semences, de farines et de fourrages.

Il est bien connu que certaines huiles végétales ont la propriété de sécher à l'air; or, cette propriété est essentiellement due au fait que les huiles végétales fixent l'oxygène de l'air, donc s'oxydent, soit se résinifient. Il va sans dire que pour cela la surface en contact avec l'air doit être considérable, mais c'est précisément ce qui se trouve réalisé soit lorsque l'huile végétale imprègne une matière poreuse quelconque, comme des chiffons, du papier, de la sciure, du bois, etc., soit lorsqu'elle est un constituant de semences, de farines ou de fourrages quelconques.

Nous résumons, dans notre dernier chapitre, les principales théories actuelles sur l'oxydation des matières grasses.

Parmi les fourrages destinés à l'alimentation du bétail figurent ce que l'on appelle les « drêches », qui sont les résidus de l'orge employée pour la fabrication de la bière.

<sup>1</sup> Ce travail a été exécuté au Laboratoire de chimie analytique de l'Université de Lausanne, en partie sous la direction de M. le prof. Marc Bischoff, directeur de l'Institut de police scientifique.

### *Les drêches et leur composition.*

Afin de définir le mot « drêches », il convient de rappeler brièvement la préparation de la bière <sup>1</sup>.

*Bière.* La bière est une infusion d'orge germée, soumise à la fermentation après avoir été additionnée du principe aromatique du houblon. Elle se prépare en transformant d'abord en glucose la matière amylacée de l'orge et en faisant fermenter ensuite le moût sucré obtenu.

*Maltage.* L'orge, comme les autres céréales, contient peu de sucre; aussi, pour en obtenir une liqueur fermentescible, faut-il convertir en sucre une grande partie de l'amidon qu'elle contient. Humectée, l'orge gonfle, germe et produit une diastase capable de transformer l'amidon en dextrine et en maltose. Quand le germe a atteint une longueur égale aux deux tiers de la longueur du grain, on arrête la germination et dessèche les grains que l'on débarrasse des germes, puis on concasse grossièrement les grains. Le produit ainsi obtenu est le malt.

*Brassage.* Le malt est soumis au brassage, ou saccharification. Pour cela, on ajoute de l'eau et, à une certaine température, la diastase transforme l'amidon en dextrine et maltose, solubles dans l'eau: le liquide est le moût.

*Houblonnage.* L'extraction aqueuse des sucres obtenus constitue le moût auquel on ajoute du houblon, lequel donne à la bière un principe amer qui contribue à sa conservation; de plus ce principe amer a un goût agréable.

*Fermentation.* Le moût houblonné est ensuite soumis à l'action de la levure de bière qui provoque la fermentation alcoolique: les sucres sont transformés en presque totalité en alcool. Le liquide soutiré est la bière.

*Drêches.* Le malt dont on a extrait le sucre par plusieurs traitements à l'eau, puis qui a été desséché, se nomme drêche et sert comme nourriture des vaches et des chevaux.

#### *Composition des drêches humides <sup>2</sup>:*

Eau . . . . .	76,2 %
Matières azotées . . . . .	15,7 %
Matières grasses . . . . .	1,7 %
Cellulose . . . . .	5,2 %
Sels minéraux . . . . .	1,2 %

<sup>1</sup> La bière, Traité élémentaire de chimie, par TROOST et PÉCHARD, Masson & Co, Paris 1939.

<sup>2</sup> Chimie industrielle, par PAUL BAUD, Masson & Co, Paris 1922.

100 kg. de malt donnent environ 130 kg. de drêches humides avec 75-80 % d'eau, dont la composition moyenne est <sup>1</sup>:

Eau . . . . .	80,0 %
Protéine brute . . . . .	4,6 %
Graisse brute . . . . .	1,0 %
Matières extractives non azotées . . . . .	9,6 %
Fibres brutes (cellulose) . . . . .	3,5 %
Cendres . . . . .	1,0 %
Acide phosphorique . . . . .	0,34 %
Potassium . . . . .	0,03 %

Ces 130 kg. de drêches humides se réduisent à 33 kg de drêches sèches, dont la composition moyenne est:

Eau . . . . .	10,0 %
Albumine . . . . .	20,0 %
Graisse . . . . .	7,0 %
Matières extractives non azotées . . . . .	42,0 %
Fibres brutes . . . . .	16,0 %
Cendres . . . . .	5,0 %

Les drêches intactes prélevées à la Brasserie Beauregard, à Lausanne, avaient une densité de 0,27 et ont donné un minimum de 3,4 % de matières grasses.

*Le sinistre du 13 septembre 1937 à la Brasserie Beauregard à Lausanne.*

La combustion des drêches s'est produite dans le grand silo de la dite brasserie. Malgré une forte pluie, la fumée s'étendait tout autour des bâtiments; son odeur âcre et très caractéristique était nettement perceptible à plus de 200 m. de distance.

Au moment où nous avons été appelé sur les lieux, des ouvriers cherchaient à circonscrire le sinistre; armés de pics et de pelles, ils attaquaient une sorte de mur noir, très haut et très dur. Il fallait passer sur des drêches normales, donc non agglomérées, avant d'atteindre cette paroi noire. Le local était naturellement plein de fumée et il était difficile d'y demeurer. La fumée s'échappait de part et d'autre de ce mur noir constitué par des drêches subissant, ou ayant subi, la combustion spontanée.

A aucun moment, une flamme n'a été aperçue.

Au bout d'un certain temps, ce mur noir s'est effondré et l'on a pu constater qu'immédiatement derrière lui les drêches avaient leur aspect normal.

<sup>1</sup> Enzyklopädie der technischen Chemie, ULLMANN, Bd. 2, Berlin-Wien, 1928.

A la Brasserie Beauregard de Lausanne, les drèches sont stockées dans un grand silo, en béton, attenant à l'un des bâtiments de la brasserie; il a la forme d'une tour rectangulaire dont la partie supérieure est libre; son vide intérieur a environ 2,5 m. de largeur sur 5,5 m. de longueur et 5 m. de hauteur. Le fond du silo a la forme d'un entonnoir au centre duquel se trouve l'orifice de sortie des drèches; cet orifice débouche dans le local de chargement occupant le rez-de-chaussée de la construction. C'est là que l'on remplit les sacs, par simple écoulement des drèches.

Les parois intérieures du silo sont recouvertes de planches brutes destinées à éviter l'humidité de condensation. L'arrivée des drèches dans le silo se fait par un conduit aboutissant à la partie supérieure du dit et muni d'un dispositif de répartition des drèches. Sa capacité maximum est de l'ordre de 15 tonnes. Immédiatement avant d'être emmagasinées, les drèches passent dans un appareil de séchage spécial, chauffé à la vapeur et de là sont envoyées par un courant d'air à la partie supérieure du silo.

Habituellement, les drèches ne séjournent que peu de temps dans le silo, parce que le débit auprès des consommateurs compense à peu près, au fur et à mesure, la production. Durant le mois d'août 1937, la réduction de la consommation a eu pour effet l'accumulation d'une quantité anormale de drèches et surtout leur stationnement pendant trois semaines environ dans le silo où le sinistre s'est produit.

Il est à noter que cette période de stockage de trois semaines environ a été très chaude et sèche et que la pluie s'est mise à tomber le 13 septembre.

L'examen intérieur du silo a montré que le revêtement de planches de sapin n'avait pas subi l'action du feu; on remarquait simplement sur l'une des parois une coloration brunâtre, mais cette coloration provenait d'un léger dépôt de goudron et non pas de l'action directe de la chaleur.

De tous les témoins du sinistre, aucun n'a aperçu de flamme.

A la sortie du silo, les drèches sont normalement mises en sacs, lesquels sont stockés dans une autre partie des bâtiments où ils attendent d'être livrés aux consommateurs. Il n'a jamais été remarqué d'élévation de température dans ces sacs stockés et il ne s'y est jamais produit d'accident.

*Les causes probables du sinistre du 13 septembre 1937.*

Les drèches stockées dans le silo ont été surchauffées au cours de l'été 1937, il y a eu accumulation de chaleur et l'humidité aidant (il a plu le 13 septembre), une *oxydation* s'est produite. La chaleur en s'accumulant a provoqué la combustion spontanée.

Une preuve de l'action de l'air et de l'humidité est donnée par le fait que c'est justement au-dessus du trou de coulée que la carbonisation s'est produite. C'est par cet orifice qu'il y a eu une arrivée d'air humide et il s'est produit un véritable « tirage » au-dessus de ce trou dans la masse des drèches. La portion carbonisée occupait effectivement la partie centrale et axiale du silo, formant une sorte de gros cylindre noir et dur. D'autre part les drèches conduisant mal la chaleur, il est compréhensible que les couches extérieures aient fait fonction d'isolant et que la chaleur ait pu s'accumuler dans la partie centrale du silo.

Il est intéressant de rappeler à ce propos qu'immédiatement autour du cylindre noir et dur, les drèches avaient leur aspect normal: il n'y avait pas diminution progressive de la carbonisation du cylindre vers la périphérie, mais bien passage brusque d'un état à l'autre.

D'après la composition des drèches, il est évident que ce sont les matières grasses qui ont dû jouer le rôle prépondérant dans ce phénomène.

*Essais faits en laboratoire.*

Afin de déterminer expérimentalement si les drèches en cause ont ou n'ont pas une prédisposition à la combustion spontanée, nous avons procédé à divers essais en laboratoire à l'aide du four de Dennstedt. Il s'agit d'un « four à canon » que l'on peut maintenir à une température donnée, par exemple 100, 130 ou 150°. L'appareil comporte un tube central divisé en deux parties, communiquant l'une avec l'autre par un petit orifice; on a ainsi deux chambres dont la plus grande sert à chauffer les gaz, tandis que la plus petite reçoit la substance en essai. L'appareil est muni de trois thermomètres dont l'un indique la température du four, l'autre la température du gaz et le troisième la température de la substance en essai (voir la figure 1).

Pour que la substance suspecte ne puisse pas commencer à s'oxyder pendant le chauffage du four, on introduit pour commencer un courant de gaz carbonique dans l'appareil, puis, lorsque toutes les températures sont stabilisées, à 150° par exemple, on remplace le courant de gaz carbonique par un courant d'oxygène <sup>1</sup>.

Les essais effectués ont consisté à traiter une petite quantité de drêches par la chaleur et dans un courant d'oxygène pour voir s'il se produit un échauffement interne de la substance.

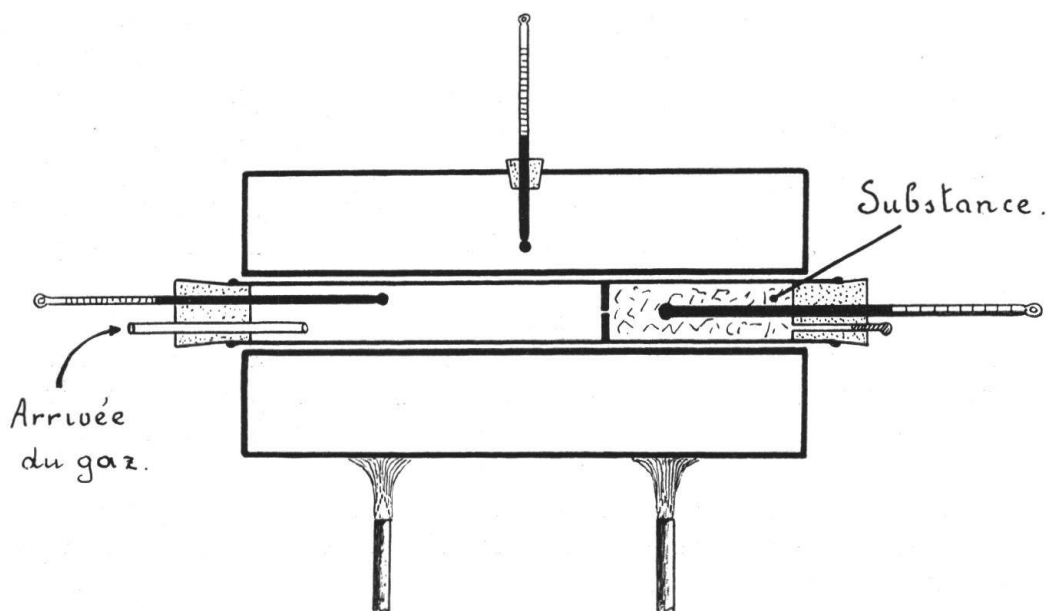


FIG. 1.

D'après la littérature <sup>2</sup>, une substance qui, portée à 150° et mise dans un courant d'oxygène, ne présente pas d'échauffement interne, doit être considérée comme non sujette à la combustion spontanée. Inversement, lorsque la substance en cause a une prédisposition à la combustion spontanée, il se produit, dans les mêmes conditions d'expérience, un échauffement interne d'autant plus rapide et plus intense que la substance en question est plus sujette à la combustion spontanée.

Les essais ont été faits avec des quantités très minimes de substance: 35 grammes environ de drêches chaque fois;

<sup>1</sup> Cf. le chapitre «Les incendies» dans l'ouvrage: MARC BISCHOFF, La Police scientifique, Payot & Cie, Lausanne, 1938.

<sup>2</sup> M. DENNSTEDT, Die Chemie in der Rechtspflege, Akad. Gesellschaft Leipzig, 1910.

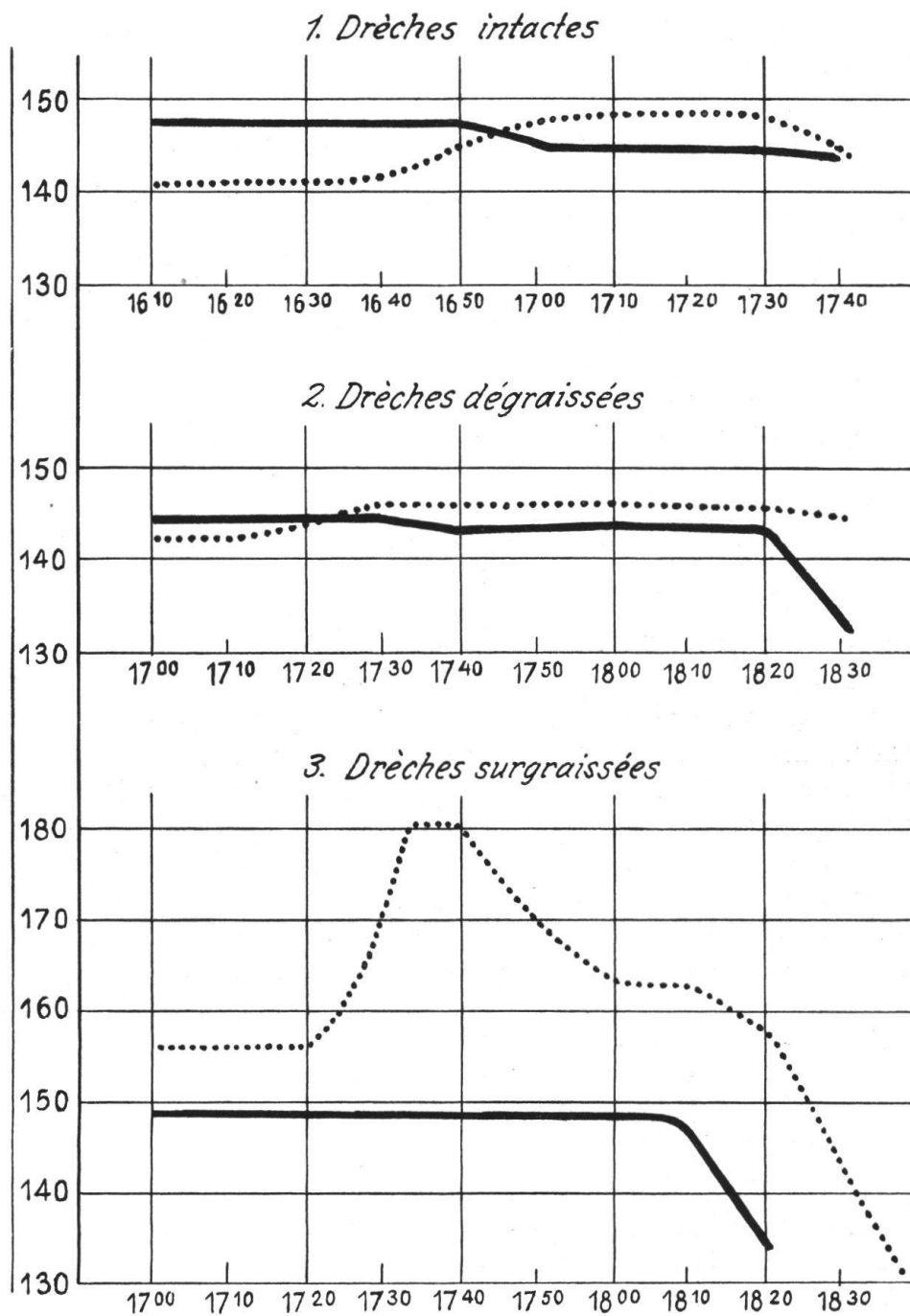


FIG. 2.

Légende: ——— température du four  
 ..... température des drèches.

ils ont donné les résultats que montrent les courbes de température de la figure 2.

*Premier essai.* Cet essai a été fait avec des drèches *intactes*. Sous l'influence de l'oxygène, la substance a montré



un faible échauffement interne (de 3-4°) qui s'est maintenu pendant une demi-heure environ.

*Deuxième essai.* Cet essai a été fait avec des drèches *dé-graissées*, c'est-à-dire dont les matières grasses ont été extraites au préalable. Sous l'influence de l'oxygène, la substance a montré un échauffement interne si minime qu'il peut être considéré comme nul (la cellulose elle-même peut déjà donner un échauffement de cet ordre).

*Troisième essai.* Cet essai a été fait avec des drèches *sur-graissées*, soit auxquelles on a ajouté de la matière grasse extraite d'un autre échantillon. Il a été ajouté environ 10 % de matière grasse.

Sous l'influence de l'oxygène, la substance a montré un échauffement rapide et intense: dans l'espace de 15 minutes la température interne de la substance a augmenté de 25° et s'est maintenue pendant environ 5 minutes au niveau de 180°, tandis que le four lui-même restait parfaitement stable un peu en dessous de 150°.

Ces essais montrent que les matières grasses contenues dans les drèches prélevées à la Brasserie Beaugard présentent un échauffement interne et sont donc sujettes à la combustion spontanée. Une élévation de température interne rapide et intense ne peut, il est vrai, être obtenue expérimentalement qu'en augmentant artificiellement la teneur en matières grasses; cela s'explique par le fait que la quantité de drèches mises en expérience (environ 35 grammes) est extrêmement minime. Le phénomène obtenu dans ces conditions est tout à fait comparable à ce qui doit se passer lorsque les quantités de drèches sont considérables.

#### *Conclusions. Précautions à prendre.*

L'étude des conditions théoriques de l'oxydation des graisses, les constatations faites sur le lieu du sinistre et les résultats des recherches exécutées en laboratoire montrent que le cas étudié est certainement dû à la combustion spontanée des drèches. Les conditions nécessaires à cette combustion spontanée se sont trouvées réunies, savoir:

1. Quantité considérable accumulée, soit 12 tonnes environ.
2. Durée prolongée de stockage, soit 3 semaines environ.
3. Température extérieure assez élevée pendant le mois d'août, puis arrivée inopinée d'humidité qui ont pu contribuer au déclenchement du phénomène.

Les mesures de précaution que l'on peut proposer dans le but d'éviter le retour de pareils faits (qui pourraient bien ne

pas toujours avoir des conséquences bénignes) doivent tendre d'une manière générale à éviter ou à atténuer l'accumulation de chaleur dans les stocks de drêches. On peut envisager les mesures suivantes:

a) Limiter la quantité des drêches accumulées dans un seul silo ou dans un seul local.

b) Limiter la durée du stockage en masse importante.

c) Munir les silos ou les locaux de stockage d'une cheminée centrale traversant toute la masse des drêches ou de tout autre dispositif assurant un refroidissement continu.

d) Éviter toute arrivée ou production d'humidité à l'intérieur du silo ou du local de stockage (toiture en parfait état, revêtements en planches un peu distants des parois pour éviter la condensation).

e) Surveiller périodiquement, à intervalles rapprochés, la température interne des masses de drêches stockées au moyen d'une thermo-sonde, comme on le fait pour le foin ou le regain. Dans les installations importantes, un thermomètre enregistreur serait le mieux et le plus sûr, car il permettrait de suivre le phénomène dans tous ses détails et d'intervenir à temps.

#### APPENDICE

*Résumé des principales théories sur l'oxydation des graisses.*

*L'oxydation rapide des huiles siccatives<sup>1</sup>.*

a) Du coton imbibé d'huile siccative, de térébenthine et de siccatif, s'échauffe et peut arriver à l'inflammation spontanée.

La mesure des indices d'iode des huiles siccatives (lin, œillette, noix, Chine, etc.) a montré que plus l'indice d'iode est grand, plus la durée d'exposition est faible pour arriver à l'inflammation.

La durée d'exposition à l'air nécessaire à l'inflammation diminue quand la température s'élève et quand l'air circule plus rapidement.

Les inflammations sont dues à l'oxydation probable des *huiles siccatives* en présence de siccatifs (résinates de fer, plomb, zinc, manganèse). La chaleur dégagée s'accumule et augmente la vitesse de réaction.

Des fibres d'amiante imbibées d'huile de lin, de térébenthine et de siccatif au résinate de manganèse, ont montré une élévation de température de 300° en certains points de la masse.

<sup>1</sup> TARADOIRE, C. R., 1926, n° 182, p. 61.

Du coton chauffé seul à 210-220° prend feu spontanément au contact de l'air, sous l'influence d'une transformation exothermique que subit la cellulose à cette température; l'oxydation rapide des huiles siccatives paraît seulement avoir pour effet de porter le coton vers 210°.

b) L'inflammation spontanée de chiffons d'essuyage se produit parfois dans les ateliers où l'on utilise des vernis, peintures ou des produits entrant dans leur composition; des essais ont été faits pour éviter ces inconvénients.

#### *Décomposition et altération des matières grasses*<sup>1</sup>.

Une matière grasse se déshydrate par la chaleur et dégage de l'acroléine  $\text{CH}^2 = \text{CH} - \text{COH}$ . L'étude systématique des corps obtenus par le chauffage des graisses n'a été commencée que récemment. Comme dans le cas du « cracking »<sup>2</sup> du pétrole, on opère en présence de catalyseurs.

Il peut y avoir un intérêt pratique à transformer des huiles de qualité inférieure et d'un raffinage difficile, en combustibles de valeur élevée.

Kobayashi a préparé des pétroles en distillant soit des huiles de poisson, soit des huiles végétales. Il pousse la distillation jusqu'à 700°, en présence d'argiles acides du Japon. En partant d'huile de hareng, il a obtenu 30 % de distillat passant au-dessous de 150°. L'huile de soja lui a fourni 50 % de distillat total; l'huile de coco 54 %; l'huile de sardine 61 %; l'huile de requin 74 %.

A. Mailhe a étudié systématiquement la production de pétroles à partir d'huiles végétales et animales, en présence de catalyseurs tels que: cuivre, aluminium, alumine, etc. Les produits bruts de la catalyse comprennent toujours des substances gazeuses et des liquides.

Les produits définitifs obtenus par Mailhe renferment presque toujours des carbures aromatiques, qui sont caractérisés par leurs dérivés nitrés.

#### *Rancissement des huiles et des graisses*<sup>3</sup>.

Tschirch et Barben et Fierz-David rendaient uniquement responsables du processus de rancissement les phénomènes

<sup>1</sup> Traité de chimie organique de GRIGNARD, Vol. X, p. 692, Masson & Co, 1939, Paris.

<sup>2</sup> Le cracking est la transformation d'un hydrocarbure à poids moléculaire élevé en hydrocarbure à poids moléculaire plus bas sous l'action de la température, d'un catalyseur et parfois de la pression.

<sup>3</sup> Traité de chimie organique de GRIGNARD, Vol. X, p. 693, déjà cité.

d'oxydation et d'attaque primaire des doubles liaisons des acides incomplets (non saturés).

Les travaux modernes ont montré que l'on avait, au début, rangé sous la même rubrique des transformations chimiques et biochimiques de natures diverses.

On est arrivé aujourd'hui à distinguer plusieurs catégories de rancissements:

1. Le rancissement dit « *oléique* » qui se rattache bien à la théorie d'une oxydation primaire des glycérides non saturés.

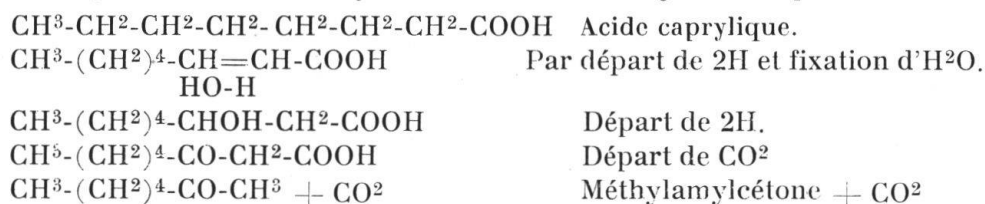
2. Le rancissement dit « *stéarique* » qui est susceptible de se produire sur des glycérides complètement saturés. On a trouvé que certaines graisses prennent le « goût de suif » et que certaines margarines ont le « goût de savon ». Ces derniers aspects du phénomène commencent à peine à être étudiés systématiquement.

Plusieurs auteurs ont pu montrer que ce sont surtout les aldéhydes heptylique et nonylique qui donnent aux graisses leur goût et leur odeur.

Le « rancissement stéarique », appelé aussi « rancissement cétonique », appartient également à la catégorie des phénomènes d'oxydation.

Haller et Lassieur avaient étudié, par entraînement à la vapeur d'eau, les substances odorantes provenant de la graisse de coco industrielle; ils avaient reconnu que ces substances étaient presque entièrement constituées par des méthyl-alcoyl-cétones. Ils n'avaient cependant pas relié la formation de ces cétones au phénomène du rancissement. Fierz-David a montré que ces cétones ne proviennent pas, comme le pensait Haller, d'un produit accompagnant les glycérides dans le beurre de coco. Les graisses *fraîches* n'en donnent *pas trace* à la vapeur d'eau. Fierz-David a prouvé que les glycérides saturés peuvent, à l'air et à la lumière, subir une oxydation en tout analogue à celle pratiquée par Dakin sur les acides gras, au moyen d'eau *oxygénée*. C'est l'oxydation BETA de Knopp, qui donne, en effet, naissance à des méthyl-alcoyl-cétones. En présence d'air, les microorganismes *Penicillium glaucum* et *Aspergillus niger* provoquent la même réaction avec les acides gras. Stokoe a étudié le rancissement du beurre dans les mêmes conditions; il a pu montrer que, dans le rancissement de l'huile de coco dû à la présence de *Penicillium*, les substances odorantes formées appartenaient à la classe des méthyl-alcoyl-cétones.

*Exemple de BETA-oxydation des acides gras, d'après Karrer.*



De même la BETA-oxydation *anormale* des acides gras dans le métabolisme produit de l'acétone.

Ainsi, l'oxydation des graisses par l'un des quatre procédés suivants:

1. par l'air; 2. sous l'action des microorganismes hors du corps humain; 3. dans le métabolisme; 4. sous l'action de l'eau oxygénée, produit constamment des alcoylcétones.

#### *Conclusion.*

L'étude de l'oxydation, de la réduction et de la désintégration des graisses a fait de grands progrès: il en reste encore beaucoup à faire.

Certains auteurs étudient aussi les corps, dits antioxygènes, susceptibles de retarder ou d'empêcher l'oxydation des graisses. Des résultats pratiques ont été obtenus.

Après l'examen de ce résumé théorique, il est plus facile de se faire une idée de la complexité des phénomènes qui se produisent dans le cas étudié de combustion spontanée des drèches.

*Remarque.* — Un exposé technique de ce travail a paru dans le *Bulletin de l'Association des Etablissements cantonaux suisses d'assurance contre l'incendie*, Berne 1940, n° 3. Cette association a aimablement prêté les clichés des figures 1 et 2.